

## **Translation of relevant parts of non-english documents:**

**DE 101 22 685 A1**

**Title: Arrangement for reducing optical cross-over damping for crossings of two planar multimode waveguides has waveguide outlet end cross-sectional area greater than that of inlet end**

The arrangement has at least 2 crossed light waveguide arrangements (12,13), the first in a gap between 2 parts (14,15) of the second so light emanating from one end of the first part of the second arrangement passes at least partly through the first arrangement before entering the end of the second part of the second arrangement. The outlet end cross-section (16) is greater than that of the inlet end to reduce or prevent cross-over damping. AN Independent claim is also included for the following: a light waveguide.

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**

(4)

①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

⑫ **Offenl gungsschrift**  
⑩ **DE 101 22 685 A 1**

⑤① Int. Cl. 7:  
**G 02 B 6/125**

②① Aktenzeichen: 101 22 685.3  
②② Anmeldetag: 10. 5. 2001  
④③ Offenlegungstag: 28. 11. 2002

⑦① Anmelder:

Siemens AG, 80333 München, DE

⑦② Erfinder:

Ahrndt, Thomas, Dr., 81673 München, DE

⑤⑥ Entgegenhaltungen:

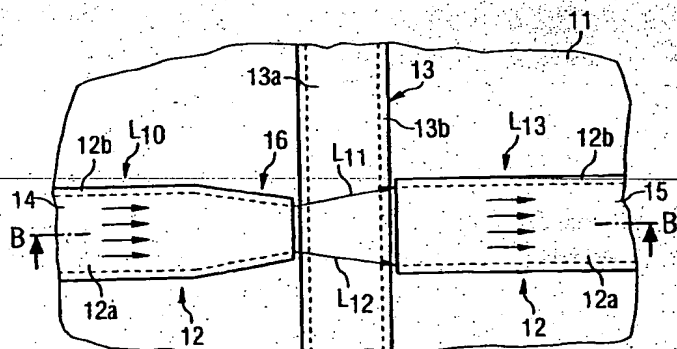
DE	41 12 932 A1
US	60 62 742
US	59 60 131
US	38 74 779
JP	22-91 509 A

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤④ Vorrichtung zur Reduzierung der optischen Überkreuzdämpfung bei Überkreuzungen zweier planarer Multimode-Wellenleiter

⑤⑦ Die Erfindung betrifft eine Anordnung mit mindestens zwei überkreuzten Lichtwellenleitungsmitteln (12, 13), wobei ein erstes Lichtwellenleitungsmittel (13) in einer zwischen zwei Teilen (14, 15) des zweiten Lichtwellenleitungsmittels (12) liegenden Lücke angeordnet ist und die Anordnung so ausgestaltet ist, dass aus einem Lichtaustrittsende (16) des ersten Teils (14) des zweiten Lichtwellenleitungsmittels (12) austretendes Licht vor dem Eintritt in ein Lichteintrittsende des zweiten Teils (15) des zweiten Lichtwellenleitungsmittels (12) zumindest teilweise durch das erste Lichtwellenleitungsmittel (13) hindurchgeht. Die Querschnittsfläche (19) des Lichteintrittsendes ist größer als die Querschnittsfläche (18) des Lichtaustrittsendes (16), sodass eine durch das zumindest teilweise Hindurchgehen des Lichts durch das erste Lichtwellenleitungsmittel (13) verursachte Überkreuzdämpfung vermindert oder vermieden wird.



DE 101 22 685 A 1

[0001] Die Erfindung betrifft eine Anordnung mit mindestens zwei überkreuzten Lichtwellenleitungsmitteln gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1, sowie Lichtwellenleitungen zur Verwendung in einer derartigen Anordnung.

[0002] Bei optischen Nachrichtenübertragungsverfahren werden von einem Sender ausgesendete Lichtwellen in einen Lichtwellenleiter (LWL) eingespeist, und über diesen an einen Empfänger übertragen. Lichtwellenleiter können beispielsweise aus Quarz bzw. einem speziellen Quarzglas, alternativ z. B. auch aus normalem Glas oder aus Kunststoff bestehen. Bei derartigen "Lichtleitfasern" weist der "Kern" der Faser i. A. eine Brechzahl  $n_K$  auf, die etwas größer ist, als die Brechzahl  $n_M$  des den Kern umgebenden "Mantels". Dies kann z. B. durch entsprechende Dotierung mit Fremdatomen erreicht werden.

[0003] Das verwendete Licht kann z. B. eine Wellenlänge haben, die im infraroten Bereich, beispielsweise zwischen 0,8  $\mu\text{m}$  und 1,6  $\mu\text{m}$  liegt. Da die Breite bzw. der Durchmesser des Kerns der Faser im Vergleich hierzu relativ groß ist (z. B. 60  $\mu\text{m}$ ), kann der Ausbreitungsvorgang des Lichts im Lichtwellenleiter nach den Gesetzen der Optik beschrieben werden.

[0004] Ein von einem Sender ausgestrahlter Lichtstrahl, der mit einem nicht zu großen Winkel zur Faserachse in den Wellenleiter eingekoppelt wird, wird aufgrund der o. g. unterschiedlichen Brechzahlen des Mantels und des Kerns an der Grenzfläche zwischen Mantel und Kern fortwährend total reflektiert, und breitet sich so in Richtung des Empfängers hin aus. Demgegenüber bleibt ein Lichtstrahl, der mit einem Winkel eingespeist wird, der größer als ein sog. maximaler Einstrahlwinkel  $\theta_0$  ist, nicht im Kern des Lichtwellenleiters, und geht für die Übertragung verloren.

[0005] Im Lichtwellenleiter können sich nur bestimmte Wellentypen (sog. Moden) ausbreiten. Man kann diese als Strahlen auffassen, die jeweils einem bestimmten diskreten Wert des o. g. maximalen Einstrahlwinkels  $\theta_0$  zugeordnet sind. Wird bei einer vorgegebenen Kombination der Brechzahlen  $n_M$ ,  $n_K$  die Breite bzw. der Durchmesser des Kerns verringert, so ergibt sich eine kleinere Anzahl ausbreitungsfähiger Moden. Kommt die Abmessung des Kerns in die Größenordnung der Lichtwellenlänge, so breitet sich – im Gegensatz zu Multimodefasern – nur noch ein einziger Mode aus (Einmodenfaser).

[0006] Die in einen Lichtwellenleiter eingespeisten Lichtwellen werden im Verlauf ihrer Übertragung z. B. aufgrund der dämpfenden Eigenschaften des jeweils verwendeten Lichtwellenleitermaterials abgeschwächt. Beispielsweise weisen Lichtwellenleiter aus normalem Glas Eigendämpfungen von mehr als 100 dB/km auf. Bei Lichtwellenleitern aus Quarz kann die Dämpfung deutlich über 1 dB/km liegen. Die übertragenen Signale müssen deshalb nach bestimmten Lichtwellenleiterabschnitten verstärkt werden.

[0007] Sind zwei Lichtwellenleiter überkreuzweise angeordnet, z. B. auf einer optischen Leiterplatte mit Verteilstruktur, kommt es zusätzlich zu einer sog. Überkreuzdämpfung (s. u., Fig. 1a, b, c). Diese kann bei voll angeregten Wellenleitern höher als 1 dB sein.

[0008] Die Erfindung hat zur Aufgabe, eine neuartige Anordnung mit mindestens zwei überkreuzten Lichtwellenleitungsmitteln, sowie neuartige Lichtwellenleitungen zur Verwendung in einer derartigen Anordnung zur Verfügung zu stellen, wobei insbesondere die Überkreuzdämpfung reduziert werden soll.

[0009] Sie erreicht dieses und weitere Ziele durch die Gegenstände der Ansprüche 1, 17 und 18.

[0010] Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind in

den Unteransprüchen angegeben.

[0011] Gemäß einem Grundgedanken der Erfindung wird eine Anordnung mit mindestens zwei überkreuzten Lichtwellenleitungsmitteln bereitgestellt, wobei ein erstes Lichtwellenleitungsmittel in einer zwischen zwei Teilen des zweiten Lichtwellenleitungsmittels liegenden Lücke angeordnet ist, und die Anordnung so ausgestaltet ist, dass aus einem Lichtaustrittsende des ersten Teils des zweiten Lichtwellenleitungsmittels austretendes Licht vor dem Eintritt in ein Lichteintrittsende des zweiten Teils des zweiten Lichtwellenleitungsmittels zumindest teilweise durch das erste Lichtwellenleitungsmittel hindurchgeht, wobei die Querschnittsfläche des Lichteintrittsendes größer ist, als die Querschnittsfläche des Lichtaustrittsendes, sodass eine durch das zumindest teilweise Hindurchgehen des Lichts durch das erste Lichtwellenleitungsmittel verursachte Überkreuzdämpfung vermindert oder vermieden wird.

[0012] Vorteilhaft ist das Lichtaustrittsende des ersten Teils des zweiten Lichtwellenleitungsmittels in Laufrichtung des Lichts konusförmig verjüngt, und/oder das Lichteintrittsende des zweiten Teils des zweiten Lichtwellenleitungsmittels entgegen der Laufrichtung des Lichts konusförmig ausgeweitet.

[0013] Aus dem Lichtaustrittsende des ersten Teils des zweiten Lichtwellenleitungsmittels austretendes Licht kann dann – trotz mehrfacher Brechung (z. B. beim Übergang zwischen Lichtaustrittsende und Luft, zwischen Luft und erstem Lichtwellenleitungsmittel, etc.) – vollständig oder fast vollständig in den zweiten Teil des zweiten Lichtwellenleiters eingekoppelt werden. Somit kann die Überkreuzdämpfung verringert bzw. vermieden werden.

[0014] Im folgenden wird die Erfindung anhand mehrerer Ausführungsbeispiele und der beigelegten Zeichnung näher erläutert. In der Zeichnung zeigt:

[0015] Fig. 1a eine schematische Darstellung eines Abschnitts einer optischen Leiterplatte mit zwei überkreuzten Lichtwellenleitern gemäß dem Stand der Technik;

[0016] Fig. 1b eine schematische Querschnittsdarstellung durch die in Fig. 1a gezeigte Anordnung, wobei die Lichtwellenleiter eine kreisrunde Querschnittsform aufweisen;

[0017] Fig. 1c eine schematische Querschnittsdarstellung einer weiteren Ausgestaltung einer Lichtwellenleiteranordnung gemäß dem Stand der Technik, bei welcher die Lichtwellenleiter eine rechteckige Querschnittsform aufweisen;

[0018] Fig. 2a eine schematische Darstellung eines Abschnitts einer optischen Leiterplatte mit zwei überkreuzten Lichtwellenleitern gemäß einem ersten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung;

[0019] Fig. 2b eine schematische Querschnittsdarstellung durch die in Fig. 2a gezeigte Anordnung, wobei die Lichtwellenleiter eine kreisrunde Querschnittsform aufweisen;

[0020] Fig. 2c eine schematische Querschnittsdarstellung einer Lichtwellenleiteranordnung gemäß einem zweiten Ausführungsbeispiel der Erfindung, bei welcher die Lichtwellenleiter eine rechteckige Querschnittsform aufweisen;

[0021] Fig. 2d eine schematische Darstellung der Schnittfläche des Lichtaustrittsendes des ersten Teils des in Fig. 2a und 2b gezeigten ersten Lichtwellenleiters, sowie der Schnittfläche des Lichteintrittsendes des zweiten Teils des in Fig. 2a und 2b gezeigten ersten Lichtwellenleiters;

[0022] Fig. 3 eine schematische Darstellung eines Abschnitts einer optischen Leiterplatte mit zwei überkreuzten Lichtwellenleitern gemäß einem dritten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung.

[0023] In Fig. 1a ist eine Draufsicht auf eine optische Leiterplatte 1 mit zwei überkreuzten Multimode-Lichtwellenleitern 2, 3 gemäß dem Stand der Technik gezeigt. Die Lichtwellenleiter 2, 3 sind aus Quarzglas gefertigt, und wei-

sen jeweils einen Kernbereich 2a, 3a mit relativ hoher Brechzahl  $n_K$  (d. h. mit relativ hoher optischer Dichte), und einen Mantelbereich 2b, 3b auf, der eine relativ niedrige Brechzahl  $n_M$  hat (d. h. eine relativ niedrige optische Dichte aufweist).

[0024] Fig. 1b zeigt eine schematische Darstellung eines Querschnitts der in Fig. 1a dargestellten Anordnung entlang einer Ebene A-A. Wie aus den Fig. 1a und 1b ersichtlich ist, sind die zwei Lichtwellenleiter 2, 3 so auf der Oberfläche der Leiterplatte 1 befestigt, dass diese sich kreuzen. Hierzu ist der erste Lichtwellenleiter 2 in einen ersten (in Fig. 1b links liegenden), und einen zweiten (in Fig. 2b rechts liegenden) Teil 4, 5 unterteilt, die in Lichtwellenleiter-Längsrichtung einen Abstand  $d$  voneinander beabstandet sind. In der Lücke zwischen erstem und zweitem Teil 4, 5 des ersten Lichtwellenleiters 2 ist der zweite Lichtwellenleiter 3 angeordnet, wobei sich die Mittelachsen der Lichtwellenleiter 2, 3 gemäß Fig. 1a im rechten Winkel schneiden.

[0025] Die Lichtwellenleiter 2, 3 haben gemäß Fig. 1b beide im Wesentlichen die gleiche, kreisrunde Querschnittform, wobei der Kreisdurchmesser  $e$  etwas kleiner ist, als der Abstand  $d$  zwischen dem ersten und zweiten Teil 4, 5 des ersten Lichtwellenleiters 2.

[0026] Bei der in Fig. 1c gezeigten alternativen Ausgestaltung sind zwei Lichtwellenleiter 2', 3' entsprechend wie die in Fig. 1a und 1b gezeigten Lichtwellenleiter 2, 3 aufgebaut und angeordnet, außer dass die Lichtwellenleiter 2', 3' im Querschnitt nicht kreisförmig, sondern rechteckig sind. Dabei ist die Breite  $e$  des zweiten Lichtwellenleiters 3' etwas kleiner, als der Abstand  $d$  zwischen einem ersten und zweiten Teil 4', 5' des ersten Lichtwellenleiters 2'.

[0027] Wieder bezogen auf Fig. 1a, und die dort sowie in der Fig. 1b gezeigte Ausgestaltung einer Lichtwellenleiteranordnung gemäß dem Stand der Technik werden innerhalb des ersten Teils 4 des ersten Lichtwellenleiters 12 (in der Zeichnung von links nach rechts) laufende Multimode-Lichtstrahlen  $L_0$  aufgrund von jeweils unterschiedlichen Brechzahlen beim Austritt aus dem ersten Teil 4 des ersten Lichtwellenleiters 2 bzw. beim Austritt an die Luft, beim Eintritt in den Mantelbereich 3b des zweiten Lichtwellenleiters 3, beim Übergang zwischen Mantel- und Kernbereich 3b, 3a, beim Übergang zwischen Kern- und Mantelbereich 3a, 3b, beim erneuten Austritt an die Luft, und beim Eintritt in den zweiten Teil 5 des ersten Lichtwellenleiters mehrfach gebrochen. Wie beispielhaft und schematisch für die Lichtstrahlen  $L_1$ ,  $L_2$  dargestellt, wird somit ein Teil der vom ersten Teil 4 des ersten Lichtwellenleiters 2 ausgesendeten Lichtstrahlen nicht in den zweiten Teil 5 des ersten Lichtwellenleiters 2 eingekoppelt (ein Teil des Lichts geht also verloren). Mit anderen Worten wird die Gesamtintensität des im ersten Teil 4 des ersten Lichtwellenleiters 2 geführten Lichts beim Übergang zum zweiten Teil 5 des ersten Lichtwellenleiters 2 gedämpft, sodass das im zweiten Teil 5 des ersten Lichtwellenleiters 2 geführte Licht insgesamt eine geringere Intensität aufweist, als das Licht, welches im ersten Teil 4 des ersten Lichtwellenleiters 2 geführt wird (sog. Überkreuzdämpfung). Dies gilt entsprechend auch für die in Fig. 1c gezeigte, alternative Lichtwellenleiteranordnung gemäß dem Stand der Technik.

[0028] Fig. 2a zeigt eine Draufsicht auf eine optische Leiterplatte 11 mit zwei überkreuzten Multimode-Lichtwellenleitern 12, 13 gemäß einem ersten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung. Diese entsprechen – abgesehen von einem in der Zeichnung links liegenden, ersten Teil 14 des ersten Lichtwellenleiters 12 – im Aufbau im wesentlichen den in Fig. 1a und 1b gezeigten Lichtwellenleitern 2, 3.

[0029] Die zwei Lichtwellenleiter 12, 13 bestehen aus Quarzglas, und weisen jeweils einen Kernbereich 12a, 13a

mit relativ hoher Brechzahl  $n_K$ , und einen Mantelbereich 12b, 13b mit relativ niedriger Brechzahl  $n_M$  auf.

[0030] In Fig. 2b ist eine schematische Darstellung eines Querschnitts der in Fig. 2a dargestellten, erfindungsgemäßen Anordnung entlang einer Ebene B-B gezeigt. Wie aus den Fig. 2a und 2b ersichtlich ist, sind die zwei Lichtwellenleiter 12, 13 so auf der Leiterplatte 11 befestigt, dass sie sich kreuzen. Hierzu ist der erste Lichtwellenleiter 12 in den o. g. ersten (in Fig. 2b links liegenden), und einen zweiten (in Fig. 2b rechts liegenden) Teil 14, 15 unterteilt. Die beiden Teile 14, 15 sind in Lichtwellenleiter-Längsrichtung um einen Abstand  $d$  voneinander beabstandet.

[0031] In der Lücke zwischen erstem und zweitem Teil 14, 15 des ersten Lichtwellenleiters 12 ist der zweite Lichtwellenleiter 13 angeordnet, wobei sich die Mittelachsen der Lichtwellenleiter 12, 13 gemäß Fig. 2a im rechten Winkel schneiden. Bei alternativen, hier nicht dargestellten Ausführungsbeispielen ist auch ein anderer Schnittwinkel zwischen den Lichtwellenleiter-Mittelachsen möglich, z. B. statt  $90^\circ$  ein Winkel zwischen  $80^\circ$  und  $100^\circ$ , oder z. B. zwischen  $60^\circ$  und  $120^\circ$ . Außerdem ist denkbar, dass sich die Mittelachsen nicht schneiden, sondern in Bezug auf die von der optischen Leiterplatte 11 definierte Ebene versetzt zueinander liegen.

[0032] Gemäß Fig. 2b haben der zweite Lichtwellenleiter 13, sowie der zweite Teil 15 des ersten Lichtwellenleiters 12 beide im Wesentlichen die gleiche, kreisrunde Querschnittform, wobei der Kreisdurchmesser  $e$  (hier: ca.  $60\ \mu\text{m}$ ) etwas kleiner ist, als der Abstand  $d$  (hier: ca.  $62\ \mu\text{m}$ ) zwischen dem ersten und zweiten Teil 14, 15 des ersten Lichtwellenleiters 12. Der erste Teil 14 des ersten Lichtwellenleiters 12 hat ebenfalls eine im Wesentlichen kreisrunde Querschnittform mit einem Kreisdurchmesser  $e$  (hier:  $60\ \mu\text{m}$ ), welcher dem Kreisdurchmesser des zweiten Lichtwellenleiters 13 bzw. des zweiten Teils 15 des ersten Lichtwellenleiters 12 entspricht. Das Lichtaustrittsende 16 bzw. der im Bereich des Lichtaustrittsendes 16 liegende Kernbereich 12a des ersten Teils 14 des ersten Lichtwellenleiters 12 ist in Richtung zum zweiten Lichtwellenleiter 13 hin konusförmig verjüngt. Der konusförmige Teil des Lichtaustrittsendes 16 weist eine Länge  $g$  von ca.  $80\ \mu\text{m}$  auf. An seinem Ende (in der Zeichnung links liegend) beträgt sein Durchmesser  $e$  (hier: ca.  $60\ \mu\text{m}$ ). An seinem anderen (in der Zeichnung rechts liegenden) Ende weist es einen Durchmesser  $f$  (hier: ca.  $45\ \mu\text{m}$ ) auf, der kleiner ist, als der Durchmesser  $e$  des zweiten Teils 15 des ersten Lichtwellenleiters 12. Der Mantelbereich 12b des ersten Teils des ersten Lichtwellenleiters 12 weist im Bereich des Lichtaustrittsendes 16 im Wesentlichen die gleiche Dicke auf, wie in den übrigen Bereichen des ersten Lichtwellenleiters 12.

[0033] In Fig. 2d ist eine schematische Darstellung zweier Querschnitte der in Fig. 2b dargestellten Anordnung entlang einer Ebene C-C sowie einer Ebene B-B, d. h. am äußersten Ende des Lichtaustrittsendes 16 bzw. des Lichteintrittsendes des zweiten Teils 15 des ersten Lichtwellenleiters 12, gezeigt. Wie aus Fig. 2d ersichtlich ist, ist die Schnittfläche 18 des Lichtaustrittsendes 16 des ersten Teils 14 des ersten Lichtwellenleiters 12 an dessen äußerstem Ende kleiner als die Schnittfläche 19 des Lichteintrittsendes des zweiten Teils 15 des ersten Lichtwellenleiters 12 (bzw. die Schnittfläche des Kernbereichs 12a des Lichtaustrittsendes 16 des ersten Teils 14 des ersten Lichtwellenleiters 12 kleiner als die Kernbereich-Schnittfläche am äußersten Ende des zweiten Teils 15 des ersten Lichtwellenleiters 12). Beispielsweise kann der Größenunterschied zwischen den Schnittflächen 18, 19 mehr als 10% betragen, insbesondere mehr als 20% oder 40%.

[0034] Bei dem in Fig. 2c gezeigten zweiten Ausführungsbeispiel sind zwei Lichtwellenleiter 12', 13' entspre-

chend wie die Lichtwellenleiter 12, 13 gemäß dem im Zusammenhang mit Fig. 2a und 2b erläuterten ersten Ausführungsbeispiel ausgestaltet und angeordnet, außer dass beide Lichtwellenleiter 12', 13' im Querschnitt nicht kreisrund, sondern rechteckig sind. Die Breite i (hier: ca. 80 µm) des zweiten Lichtwellenleiters 13' ist etwas kleiner, als der Abstand d zwischen einem ersten (in der Zeichnung links liegenden), und einem zweiten (in der Zeichnung rechts liegenden) Teil 14', 15' des ersten Lichtwellenleiters 12'. Die Höhe e (hier: ca. 60 µm) ist bei beiden Lichtwellenleitern 12', 13' identisch. Die Breite j (hier: ca. 80 µm) des ersten Lichtwellenleiters 12' ist identisch zur Breite i des zweiten Lichtwellenleiters 13'. Das Lichtaustrittsende 16' bzw. ein im Bereich des Lichtaustrittsendes 16' liegender Kernbereich 12a' des ersten Teils 14' des ersten Lichtwellenleiters 12' ist in Richtung zum zweiten Lichtwellenleiter 13' hin konusförmig verjüngt. Der konusförmige Teil des Lichtaustrittsendes 16' weist eine Länge g von ca. 80 µm auf. An seinem einem Ende (in der Zeichnung links liegend) beträgt seine Höhe e (hier: ca. 60 µm), und seine Breite j (hier: ca. 80 µm). An seinem anderen (in der Zeichnung rechts liegenden) Ende weist es eine Höhe f (hier: ca. 45 µm) und eine Breite k (hier: ca. 60 µm) auf, die kleiner sind, als die Höhe e bzw. die Breite j des zweiten Teils 15' des ersten Lichtwellenleiters 12'. Der Mantelbereich 12b' des ersten Teils 14' des ersten Lichtwellenleiters 12' weist im Bereich des Lichtaustrittsendes 16' im Wesentlichen die gleiche Dicke auf, wie in den übrigen Bereichen des ersten Lichtwellenleiters 12'.

[0035] Die folgenden Ausführungen beziehen sich wieder auf das in den Fig. 2a und 2b gezeigte erste Ausführungsbeispiel der Erfindung, und gelten entsprechend auch für das in Fig. 2c gezeigte zweite Ausführungsbeispiel.

[0036] Gemäß Fig. 2a laufen innerhalb des ersten Teils 14 des ersten Lichtwellenleiters 12 (in der Zeichnung von links nach rechts) Multimode-Lichtstrahlen L10. Wie beispielhaft für die Lichtstrahlen L11, L12 dargestellt, werden aufgrund der konischen Form des Lichtaustrittsendes 16 sämtliche bzw. der überwiegende Teil der aus dem Lichtaustrittsende 16 austretenden Lichtstrahlen – trotz mehrfacher Brechung (beim Übergang zwischen Lichtaustrittsende 16' und Luft, zwischen Luft und Mantelbereich 13b des zweiten Lichtwellenleiters 13, zwischen Mantel- und Kernbereich 13b, 13a, zwischen Kern- und Mantelbereich 13a, 13b, zwischen Mantelbereich 13b und Luft, zwischen Luft und zweitem Teil 15 des ersten Lichtwellenleiters 12) in den zweiten Teil 15 des ersten Lichtwellenleiters 12 eingekoppelt, insbesondere so, dass sämtliche oder der überwiegende Teil der Lichtstrahlen mit einem Winkel auf dem Kernbereich des zweiten Teils 15 des ersten Lichtwellenleiters 12 auftreffen, der kleiner ist, als der maximale Einstrahlwinkel  $\theta_0$ , so dass kein oder nur ein kleiner Teil der Lichtstrahlen für die Übertragung verloren geht.

[0037] Mit anderen Worten wird die Gesamtintensität des im ersten Teil 14 des ersten Lichtwellenleiters 12 geführten Lichts beim Übergang zum zweiten Teil 15 des ersten Lichtwellenleiters 12 nicht oder nur unwesentlich gedämpft, sodass das im zweiten Teil 15 des ersten Lichtwellenleiters 12 geführte Licht insgesamt die gleiche bzw. fast die gleiche Intensität aufweist, wie das Licht, welches im ersten Teil 14 des ersten Lichtwellenleiters 12 geführt wird. Somit kann die Überkreuzdämpfung stark verringert bzw. vermieden werden. Dies gilt entsprechend auch für das in Fig. 2c gezeigte zweite Ausführungsbeispiel.

[0038] Fig. 3 zeigt eine Draufsicht auf eine optische Leiterplatte 21 mit zwei überkreuzten Multimode-Lichtwellenleitern 22, 23 gemäß einem dritten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung. Die Lichtwellenleiter 22, 23 ent-

sprechen – abgesehen von einem in der Zeichnung rechts liegenden, zweiten Teil 25 des ersten Lichtwellenleiters 22 – im Aufbau im wesentlichen den in Fig. 1a und 1b gezeigten Lichtwellenleitern 2, 3.

[0039] Die zwei Lichtwellenleiter 22, 23 bestehen aus Quarzglas, und weisen jeweils einen Kernbereich 22a, 23a mit einer Brechzahl  $n_K$  auf, die höher ist, als eine Brechzahl  $n_M$  eines Mantelbereichs 22b, 23b.

[0040] Die zwei Lichtwellenleiter 22, 23 sind so auf der Leiterplatte 21 befestigt, dass sie sich kreuzen. Hierzu ist der erste Lichtwellenleiter 22 in einen ersten (in der Zeichnung links liegenden), und den o. g. zweiten (in der Zeichnung rechts liegenden) Teil 24, 25 unterteilt. Die beiden Teile 14, 15 sind in Lichtwellenleiter-Längsrichtung um einen Abstand d voneinander beabstandet. In der Lücke zwischen erstem und zweitem Teil 24, 25 des ersten Lichtwellenleiters 22 ist der zweite Lichtwellenleiter 23 angeordnet, wobei sich die Mittelachsen der Lichtwellenleiter 22, 23 im rechten Winkel schneiden. Bei alternativen, hier nicht dargestellten Ausführungsbeispielen ist auch ein anderer Schnittwinkel zwischen den Lichtwellenleiter-Mittelachsen möglich, z. B. statt 90° ein Winkel zwischen 80° und 100°, oder z. B. zwischen 60° und 120°.

[0041] Die zwei Lichtwellenleiter 23, 22 sind im Querschnitt kreisförmig, wobei der Kreisdurchmesser e (hier: ca. 60 µm) des ersten Lichtwellenleiters 22 etwas größer ist, als der Kreisdurchmesser i (hier: ca. 50 µm) des zweiten Lichtwellenleiters 23. Dieser ist etwas kleiner, als der Abstand d (hier: ca. 52 µm) zwischen dem ersten und zweiten Teil 24, 25 des ersten Lichtwellenleiters 22.

[0042] Das Lichteintrittsende 27 bzw. der im Bereich des Lichteintrittsendes 27 liegende Kernbereich 22a des zweiten Teils des ersten Lichtwellenleiters 22 ist in Richtung zum zweiten Lichtwellenleiter 23 hin konusförmig ausgeweitet. Der konusförmige Teil des Lichteintrittsendes 27 weist eine Länge g von ca. 80 µm auf. An seinem in der Zeichnung rechts liegenden einem Ende beträgt sein Durchmesser e (hier: ca. 60 µm). An seinem anderen (in der Zeichnung links liegenden) Ende weist es einen Durchmesser f (hier: ca. 70 µm) auf, der größer ist, als der Durchmesser e des ersten Teils 25 des ersten Lichtwellenleiters 22. Der Mantelbereich 22b des zweiten Teils des ersten Lichtwellenleiters 22 weist im Bereich des Lichteintrittsendes 27 im Wesentlichen die gleiche Dicke auf, wie in den übrigen Bereichen des ersten Lichtwellenleiters 22.

[0043] Bei einem alternativen, hier nicht dargestellten Ausführungsbeispiel werden Lichtwellenleiter verwendet, die entsprechend wie die in Fig. 3 gezeigten Lichtwellenleiter 22, 23 aufgebaut und angeordnet sind, außer dass die Lichtwellenleiter im Querschnitt nicht kreisrund, sondern rechteckig sind.

[0044] Wieder bezogen auf Fig. 3 laufen innerhalb des ersten Teils 24 des ersten Lichtwellenleiters 22 (in der Zeichnung von links nach rechts) Multimode-Lichtstrahlen L20. Wie beispielhaft für die Lichtstrahlen L21, L22 dargestellt, werden aufgrund der konischen Form des Lichteintrittsendes 27 sämtliche bzw. der überwiegende Teil der aus dem ersten Teil 24 des ersten Lichtwellenleiters 22 austretenden Lichtstrahlen – trotz mehrfacher Brechung – in den zweiten Teil 25 des ersten Lichtwellenleiters 22 eingekoppelt. Somit kann die Überkreuzdämpfung stark verringert bzw. vermieden werden.

#### Bezugszeichenliste

- 1 Optische Leiterplatte
- 2 Lichtwellenleiter
- 3 Lichtwellenleiter

2a Kernbereich  
 3a Mantelbereich  
 4 Lichtwellenleiter-Teil  
 5 Lichtwellenleiter-Teil  
 1' Optische Leiterplatte  
 2' Lichtwellenleiter  
 3' Lichtwellenleiter  
 4' Lichtwellenleiter-Teil  
 5' Lichtwellenleiter-Teil  
 11 Optische Leiterplatte  
 12 Lichtwellenleiter  
 13 Lichtwellenleiter  
 12a Kernbereich  
 13a Mantelbereich  
 14 Lichtwellenleiter-Teil  
 15 Lichtwellenleiter-Teil  
 16 Lichtaustrittsende  
 18 Schnittfläche  
 19 Schnittfläche  
 11' Optische Leiterplatte  
 12' Lichtwellenleiter  
 13' Lichtwellenleiter  
 14' Lichtwellenleiter-Teil  
 15' Lichtwellenleiter-Teil  
 21 Optische Leiterplatte  
 22 Lichtwellenleiter  
 23 Lichtwellenleiter  
 22a Kernbereich  
 23a Mantelbereich  
 24 Lichtwellenleiter-Teil  
 25 Lichtwellenleiter-Teil  
 27 Lichteintrittsende

## Patentansprüche

1. Anordnung mit mindestens zwei überkreuzten Lichtwellenleitungsmitteln (12, 13), wobei ein erstes Lichtwellenleitungsmittel (13) in einer zwischen zwei Teilen (14, 15) des zweiten Lichtwellenleitungsmittels (12) liegenden Lücke angeordnet ist, und die Anordnung so ausgestaltet ist, dass aus einem Lichtaustrittsende (16) des ersten Teils (14) des zweiten Lichtwellenleitungsmittels (12) austretendes Licht vor dem Eintritt in ein Lichteintrittsende des zweiten Teils (15) des zweiten Lichtwellenleitungsmittels (12) zumindest teilweise durch das erste Lichtwellenleitungsmittel (13) hindurchgeht, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Querschnittsfläche (19) des Lichteintrittsendes größer ist, als die Querschnittsfläche (18) des Lichtaustrittsendes (16), sodass eine durch das zumindest teilweise Hindurchgehen des Lichts durch das erste Lichtwellenleitungsmittel (13) verursachte Überkreuzdämpfung vermindert oder vermieden wird.
2. Anordnung nach Anspruch 1, bei welcher das Lichtaustrittsende (16) des ersten Teils (14) des zweiten Lichtwellenleitungsmittels (12) in Laufrichtung des Lichts konusförmig verjüngt ist.
3. Anordnung nach Anspruch 2, bei welcher das Lichtaustrittsende (16) einen Kern- und einen Mantelbereich aufweist, die unterschiedliche Brechzahlen haben, und bei welcher der Kernbereich (12a) des Lichtaustrittsendes (16) in Laufrichtung des Lichts konusförmig verjüngt ist.
4. Anordnung nach Anspruch 3, bei welcher der Mantelbereich (12b) des Lichtaustrittsendes (16) im wesentlichen die gleiche Dicke aufweist, wie ein Mantelbereich des übrigen ersten Teils (14) des zweiten Lichtwellenleitungsmittels (12).

5. Anordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei welcher das Lichteintrittsende des zweiten Teils (15) des zweiten Lichtwellenleitungsmittels (12) entgegen der Laufrichtung des Lichts konusförmig ausgeweitet ist.
6. Anordnung nach Anspruch 5, bei welcher das Lichteintrittsende einen Kern- und einen Mantelbereich aufweist, die unterschiedliche Brechzahlen haben, und bei welcher der Kernbereich (12a) des Lichteintrittsendes entgegen der Laufrichtung des Lichts konusförmig ausgeweitet ist.
7. Anordnung nach Anspruch 6, bei welcher der Mantelbereich des Lichteintrittsendes im wesentlichen die gleiche Dicke aufweist, wie ein Mantelbereich des übrigen zweiten Teils (15) des zweiten Lichtwellenleitungsmittels (12).
8. Anordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei welcher die Lichtwellenleitungsmittel (12, 13) auf einer optischen Leiterplatte (11) angeordnet sind.
9. Anordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei welcher die Lichtwellenleitungsmittel (12, 13) jeweils mindestens einen Lichtwellenleiter aufweisen.
10. Anordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei welcher der Kreuzungswinkel zwischen dem ersten und zweiten Lichtwellenleitungsmittel (12, 13) zwischen 40° und 140° beträgt.
11. Anordnung nach Anspruch 10, bei welcher der Kreuzungswinkel zwischen 60° und 120° beträgt.
12. Anordnung nach Anspruch 11, bei welcher der Kreuzungswinkel ungefähr 90° beträgt.
13. Anordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei welcher sich die Mittelachsen des ersten und zweiten Lichtwellenleitungsmittels (12, 13) schneiden.
14. Anordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 12, bei welcher die Mittelachsen des ersten und zweiten Lichtwellenleitungsmittels (12, 13) auf verschiedenen Ebenen liegen.
15. Anordnung nach einem der Ansprüche 9 bis 14, bei welchem der mindestens eine Lichtwellenleiter aus Glas gefertigt ist.
16. Anordnung nach einem der Ansprüche 9 bis 14, bei welchem der mindestens eine Lichtwellenleiter aus Kunststoff gefertigt ist.
17. Lichtwellenleitung, deren Lichtaustrittsende derart konusförmig verjüngt ist, dass sie als erster Teil (14) eines Lichtwellenleitungsmittels (12) gemäß einem der Ansprüche 2 bis 16 verwendbar ist.
18. Lichtwellenleitung, deren Lichteintrittsende derart konusförmig ausgeweitet ist, dass sie als zweiter Teil (15) eines Lichtwellenleitungsmittels (12) gemäß einem der Ansprüche 5 bis 16 verwendbar ist.

---

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

---

FIG 1a

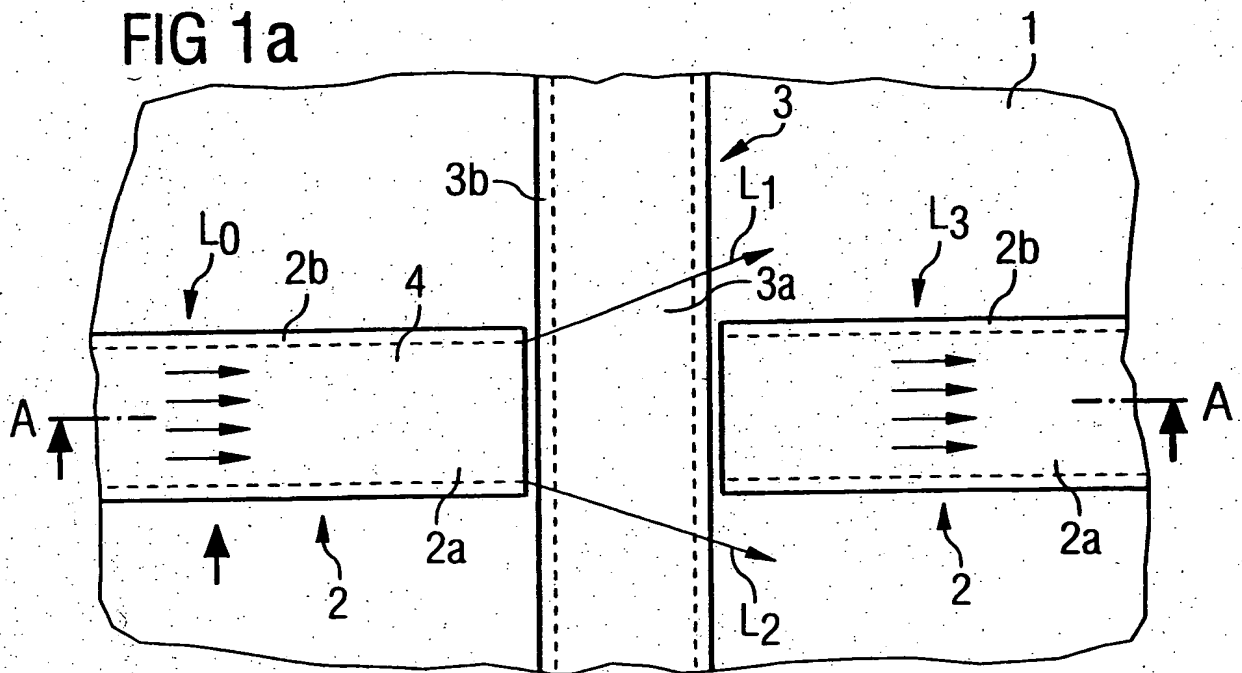


FIG 1b  
A-A

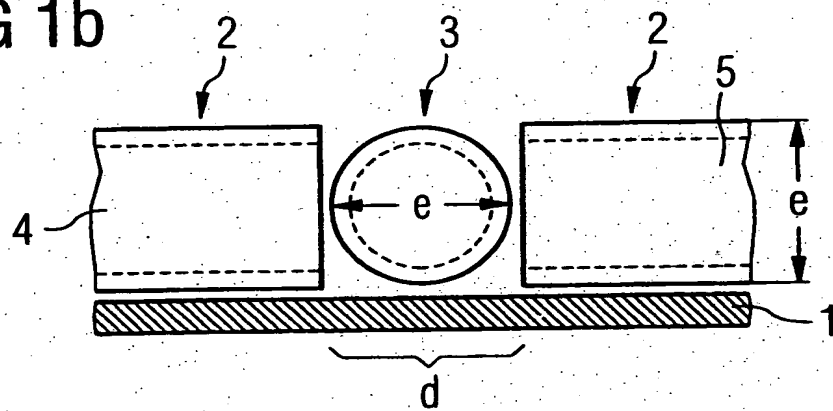


FIG 1c  
A-A

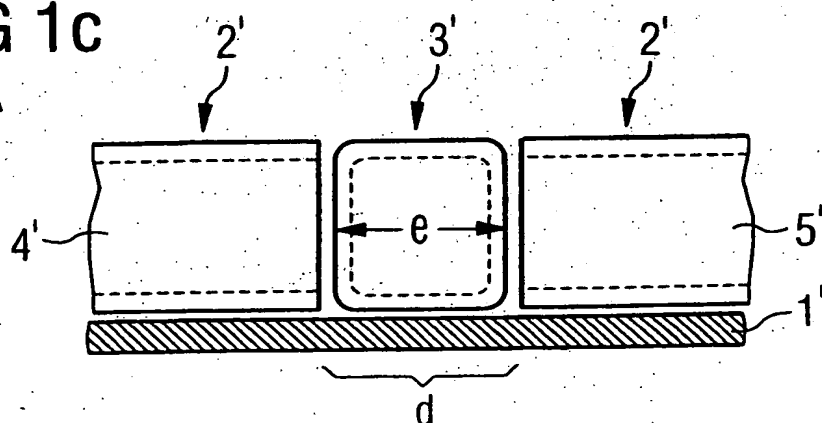




FIG 2a

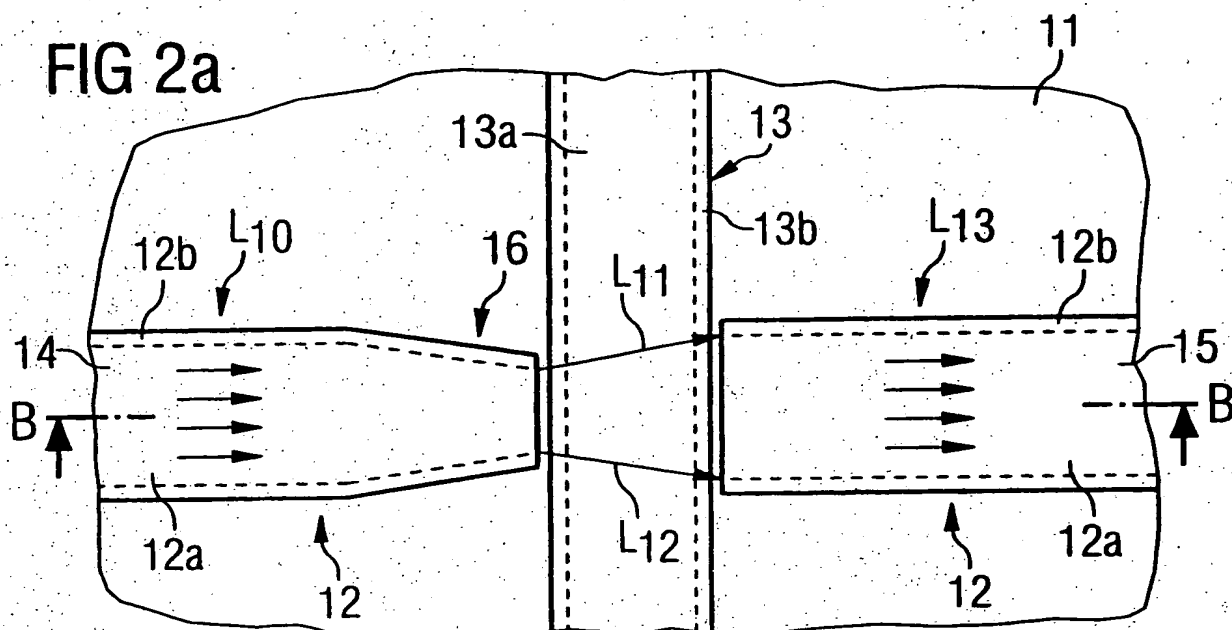


FIG 2b  
B-B

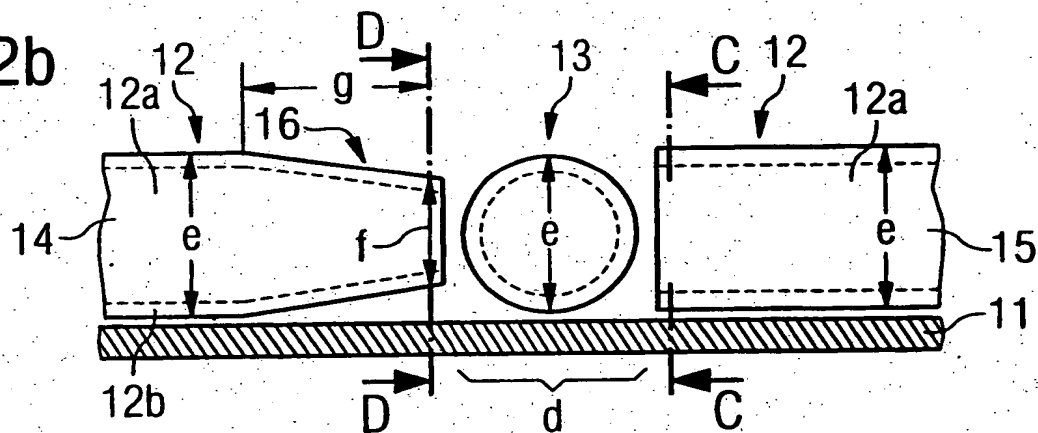
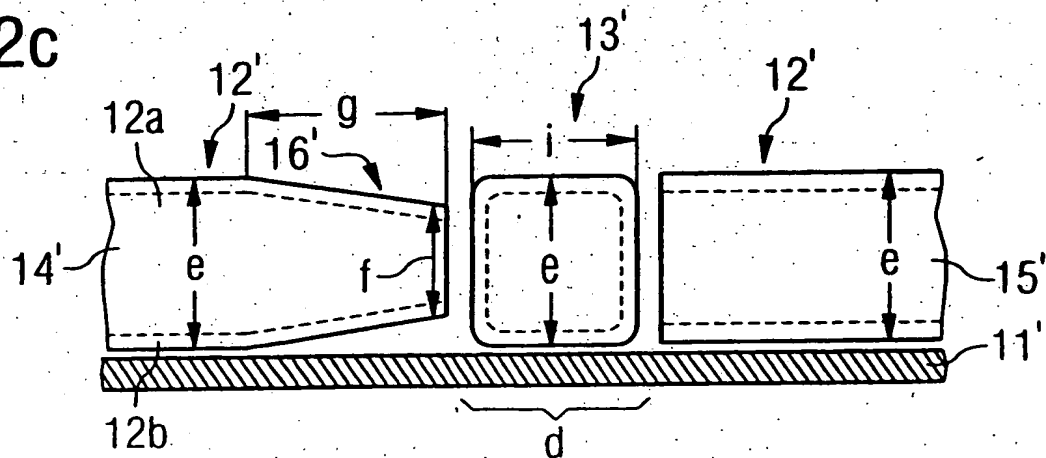
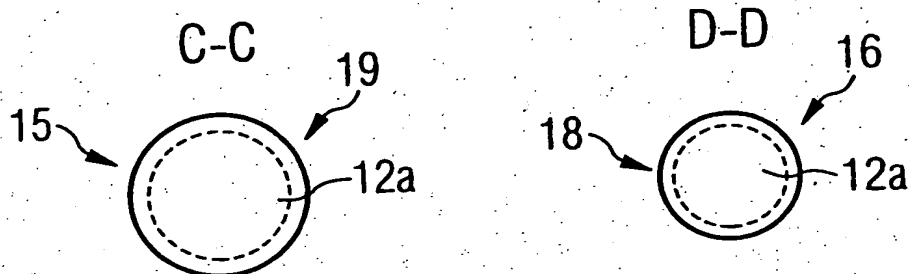


FIG 2c  
B-B



**FIG. 2d**



**FIG 3**

